

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación Agronómica de Ocho Líneas de Chile Pimiento Morrón Bajo
Invernadero en el Sureste de Coahuila

Por:

ELVER TORRES GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Octubre 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación Agronómica de Ocho Líneas de Chile Pimiento Morrón Bajo
Invernadero en el Sureste de Coahuila

Por:

ELVER TORRES GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría



Dr. Neymar Camposeco Montejo

Asesor Principal



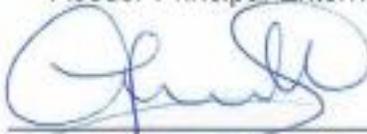
M.C. María del Pilar Marín Cortez

Asesor Principal Externo



Dr. Antonio Flores Naveda

Coasesor



Dra. Xóchitl Ruelas Chacón

Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Octubre 2023

DECLARACION DE NO PLAGIO

El autor quien es responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestado los datos o la tesis para presentarla como propia ; omitir referencia bibliográficas o citar textualmente sin comillas ; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes , videos , ilustraciones , graficas , mapas o datos sin citar el autor original y/o fuente , así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como lucro, reproducción , edición o modificación , será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

Elver Torres García

Elver Torres García

AGRADECIMIENTO

A **DIOS** por haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi vida y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor, por estar conmigo en cada paso que doy. Por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por haber puesto en mi camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de mi estudio.

A mis **Padres** que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos.

A mi "**Alma Terra Mater**" la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme sus puertas en su casa de estudios, por brindarme las herramientas necesarias para formarme como un gran profesionista y por todos los conocimientos aprendidos dentro de sus instalaciones.

A el **Dr. Neymar Camposeco Montejo** por la oportunidad y confianza para desarrollar este proyecto de investigación, por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional.

DEDICATORIA

A mi madre, Olga Lidia García Martínez

Por todo su amor, apoyo, comprensión y sacrificios.

A mi padre, Juan Torres Hernández

Por ser un ejemplo para seguir, por las enseñanzas y consejos.

A mis hermanas, Cecilia & Yeimi

Por dibujar todos los días una gran sonrisa en mi rostro, y alimentar de amor mi corazón.

A mis hermanos, Eliud, Elton y Juan

Por su presencia en todo momento y apoyo incondicional.

A mis abuelas, Lidia Martínez & María Hernández

Por esa sabiduría, alegría, calidez y amor en mi vida.

A mi sobrino, Antony

Por la gran felicidad que trajiste a mi vida, eres el reflejo de mi hermana, de una de las mujeres que más quiero en este mundo.

A la familia Serna Espinoza

Por brindarme el calor de su hogar durante toda mi carrera, la orientación, apoyo y amor.

A mis Amigos

Aquellas personas que en algún momento de mi vida aparecieron como estrellas para iluminar mi camino, por todos aquellos momentos inolvidables. A todos ellos por compartir un poco de su tiempo, de su vida, sus molestias, sus sufrimientos, sus logros y que me enseñaron el verdadero concepto de "amistad".

Este logro no solo es mío, también es de ustedes y para ustedes...

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE CUADROS	XI
RESUMEN	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo general	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. HIPÓTESIS.....	15
3.1 Hipótesis nula.....	15
3.2 Hipótesis alternativa	15
4. REVISIÓN DE LITERATURA	16
4.1 Origen.....	16
4.2 Taxonomía y descripción botánica	16
4.3 Morfología del pimiento morrón.....	16
4.3.1 Planta	16
4.3.2 Sistema radicular.....	17
4.3.3 Tallo principal	17
4.3.4 Hoja.....	17
4.3.5 Flor.....	17
4.3.6 Fruto.....	18
4.4 Importancia del pimiento morrón a nivel mundial	18

4.5	Importancia del pimiento morrón en México.....	19
4.6	Importancia del pimiento morrón en Coahuila.....	19
4.7	Valor nutricional del pimiento	19
4.8	Pimiento bajo agricultura protegida.....	20
4.9	Mejoramiento genético del pimiento.....	20
4.10	Tipos de mejoramiento genético	21
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
5.1	Ubicación y localización	24
5.2	Material genético	24
5.3	Diseño de la parcela experimental	24
5.4	Labores culturales	25
5.4.1	Siembra.....	25
5.4.2	Trasplante	25
5.4.3	Fertilización	26
5.4.4	Riego	26
5.4.5	Tutorado	27
5.4.6	Poda.....	27
5.4.7	Control de plagas y enfermedades.....	27
5.4.8	Cosecha	27
5.4.9	Variables agronómicas evaluadas.....	29
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
6.1	Altura de planta	31
6.2	Diámetro del tallo	32
6.3	Número de frutos por planta.....	33
6.4	Peso promedio del fruto	34
6.5	Rendimiento por planta (kg planta ⁻¹)	35

6.6 Rendimiento calculado ($t\ ha^{-1}$).....	36
6.7 Longitud del fruto.....	37
6.8 Diámetro del fruto.....	38
6.9 Grosor del mesocarpio.....	39
6.10 Sólidos solubles totales.....	40
7. CONCLUSIÓN.....	41
8. BIBLIOGRAFÍA.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valor de la producción bruta (miles US\$) de pimientos (2021) (FAOSTAT 2023)	18
Figura 2. Siembra de Pimiento en charolas de 200 cavidades con sustrato Peat Moss al 70% y Perlita al 30%.....	25
Figura 3. Plántula de pimiento morrón trasplantadas en bolis de fibra de coco a 15 centímetros de distancia entre plantas y 1.8 metros entre surcos.....	25
Figura 4. Frutos cosechados de acuerdo con la madurez, tamaño, color y forma...28	
Figura 5. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable altura de planta (cm), de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.....	31
Figura 6. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable diámetro del tallo (cm), de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.....	32
Figura 7. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable número de frutos por planta, de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.....	33
Figura 8. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable peso promedio del fruto, de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.....	34
Figura 9. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable rendimiento de planta, de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.....	35
Figura 10. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable toneladas por hectárea, de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.....	36
Figura 11. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable longitud del fruto (cm), de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.....	37

Figura 12. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable diámetro del fruto (cm), de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.....	38
Figura 13. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable grosor del mesocarpio (mm), de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.....	39
Figura 14. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable sólidos solubles totales ($^{\circ}$ BRIX), de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Solución nutritiva de macroelementos y microelementos para el cultivo de pimiento morrón a tres diferentes porcentajes.....	26
Cuadro 2: Cosechas realizadas en las ocho líneas evaluados después del trasplante.....	28

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue, evaluar el comportamiento agronómico de ocho líneas de pimiento morrón pertenecientes al Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, para ser evaluados y observar su potencial genético con fines de mejoramiento genético, para la generación de nuevas variedades o híbridos en el mediano plazo. Dicha investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. Bajo un invernadero de mediana tecnología, el experimento se condujo con un diseño experimental completamente al azar, con ocho tratamientos (Líneas L9, L10, L11, L12, L13, L14, L15, L16) y cuatro repeticiones de cada uno con un ANVA al $p \leq 0.05$, las plantas fueron colocadas en bolis de fibra de coco con un sistema de fertirrigación por estaca. Los resultados muestran diferencias estadísticas en las variables de diámetro de fruto, longitud de fruto, sólidos solubles totales y de rendimiento, el resto de las variables mostro un comportamiento estadístico similar, las líneas que destacan por su comportamiento agronómico son la línea nueve, trece y dieciséis. Por lo tanto, el desempeño agronómico de los genotipos fue variable bajo las condiciones probadas, sumado a las diferencias porcentuales observadas entre genotipos en las variables que no mostraron diferencias estadísticas, dan la pauta para continuar con el proceso de selección y evaluación de líneas para observar su comportamiento en ciclos más avanzados, a fin de identificar las líneas o genotipos con mayor potencial genético para el desarrollo de nuevas variedades o híbridos.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, rendimiento, selección, mejoramiento genético, generación filial.

1. INTRODUCCIÓN

México se ha ubicado en los últimos años como el principal país exportador de pimientos frescos con una participación mundial del 29 por ciento, siendo Estados Unidos, Canadá y Reino Unido los principales destinos del producto mexicano. El volumen de producción en México en el año 2022 fue de aproximadamente 562,075 toneladas con un valor aproximado a los 8,540 millones de pesos. Los estados con mayor superficie sembrada de pimiento en México son Sinaloa con 3,876 ha, Sonora con 1,377 ha, Guanajuato con 554.86 ha, Jalisco con 472 ha, Baja California Sur con 228.50 ha y Coahuila con 193 ha (SIAP, 2022).

En México, el chile es utilizado como especia o condimento, posee alto valor nutritivo y bajo contenido en grasas, así como gran cantidad de agua, rico en vitaminas, minerales, carbohidratos y fibra. El pimiento, es uno de los vegetales más completos en sustancias nutritivas, destacándose la presencia de vitamina A; complejo vitamínico B, vitamina C y vitamina E, así como de los minerales calcio, hierro y fósforo; y proteínas, fibra dietética, kilocalorías y una elevada cantidad de antioxidantes (Llanos, 1999).

Cerca del 50% de la producción de pimiento en el país, se realiza bajo la modalidad de agricultura protegida (invernadero, malla sombra o macro túnel). Esto permite que se encuentre en el mercado prácticamente en todas las épocas del año. Una de las mayores preocupaciones de los fitomejoradores de chile dulce es poder conocer y determinar las características cuantitativas asociadas directamente con el rendimiento del cultivo (Martín & González, 1991). El incremento del rendimiento se puede llevar a cabo seleccionando plantas de acuerdo con características como número de frutos por planta, altura y número de ramas principales, las cuales, junto con el diámetro longitudinal del fruto y grosor de mesocarpio, por lo que es importante conocer y evaluar esta gran variabilidad (Ado & Samawira, 1987). Por lo tanto, la finalidad de la evaluación y selección de líneas promisorias es generar variedades o híbridos con características deseadas para la producción del cultivo en determinadas zonas de producción, sobre todo para agricultura protegida, debido a lo anterior se plantearon los siguientes objetivos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de ocho líneas de chile pimiento morrón rojo tipo Blocky bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.

2.2 Objetivos específicos

Evaluar rendimiento y componentes de rendimiento de ocho líneas de chile pimiento morrón rojo tipo Blocky, bajo condiciones de invernadero, en el sureste de Coahuila.

Seleccionar las líneas de chile pimiento morrón rojo tipo Blocky con el mejor comportamiento agronómico y potencial genético para el desarrollo de nuevas variedades o híbridos para cultivarse en el noreste de México.

3. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis nula

Las líneas de chile pimiento morrón rojo tipo Blocky mostrarán un comportamiento agronómico similar bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.

3.2 Hipótesis alternativa

Al menos una de las ocho líneas de chile pimiento morrón rojo tipo Blocky, mostrará un mejor comportamiento agronómico bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Origen

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una planta de la familia de las solanáceas, cuyo origen es Centroamérica y Suramérica, y que constituye una hortaliza de amplia importancia económica a nivel mundial, ya que prácticamente se consume en los alimentos de la vida cotidiana (Monge, 2022).

4.2 Taxonomía y descripción botánica

Reino: Plantae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum*

Especie: *annuum*

Nombre científico: *Capsicum annuum*

El pimiento es una planta herbácea anual. Tiene tallos erectos, herbáceos y ramificados de color verde oscuro. El sistema de raíces pivotante llega a profundidades de 0.7 a 1.2 m, y lateralmente hasta 1.2 m, pero la mayoría de las raíces están a una profundidad de 5 a 40 cm. Está provisto y reforzado con un número elevado de raíces adventicias. El tallo es de crecimiento limitado y erecto con un diámetro que puede variar entre 0.5 y 1.5 cm. Cuando la planta adquiere una cierta edad, los tallos se lignifican ligeramente (Bocajá & Monsalve, 2012).

4.3 Morfología del pimiento morrón

4.3.1 Planta

Herbácea anual, aspecto lampiño, de tallos erguidos y de crecimiento limitado (Borrego, 2014)

4.3.2 Sistema radicular

Consta de una raíz axonomorfa de la que se ramifica un conjunto de raíces laterales. La ramificación adopta al principio una forma de punta de flecha triangular con el ápice en el extremo del eje de crecimiento. La borla de raíces profundiza en el suelo hasta unos 30 a 60 cm, y horizontalmente el crecimiento se extiende hasta unos 30 a 50 cm. del eje (Borrego, 2014).

4.3.3 Tallo principal

El tallo principal se desarrolla a partir de la plúmula del embrión. Esta consta de un eje, el epicotíleo, y presenta en el extremo superior una región de intensa división celular, el meristemo apical. Por debajo del meristemo apical, desde el exterior hacia el interior se encuentran, como en otras dicotiledóneas (Borrego, 2014).

4.3.4 Hoja

El pimiento tiene hojas simples, de forma lanceolada o ovoidada, formadas por el pecíolo, largo, que une la hoja con el tallo y la parte expandida, la lámina o limbo. Esta es de borde entero o apenas situado en la base (Borrego, 2014).

4.3.5 Flor

Las flores están unidas al tallo por un pedúnculo o pedicelo de 10 a 20 mm de longitud, con 5 a 8 costillas. La estructura anatómica de este es semejante a la de un tallo vegetativo. Cada flor está constituida por un eje o receptáculo y apéndices foliares que constituyen las partes florales. Esta es: el cáliz, constituido por 5 a 8 pétalos, el androceo por 5 a 8 estambres y el gineceo por 2 a 4 carpelos. Esta estructura se representa de manera abreviada por la fórmula floral típica de la familia Solanáceas. El factor exógeno más importante que determina la diferenciación floral es la temperatura, especialmente la temperatura nocturna (6 a 12 °C) durante 2 a 4 semanas favorece la formación de grandes números de flores (Borrego, 2014).

4.3.6 Fruto

El fruto del pimiento se define como una baya. Se trata de una estructura hueca, llena de aire, con forma de capsula. La baya está constituida por un pericarpio grueso y jugoso y un tejido placentario al que se unen las semillas (Borrego, 2014).

4.4 Importancia del pimiento morrón a nivel mundial

El valor de la producción mundial de pimiento para fresco es de 31,418.5 millones de dólares, de los cuales, 12,930.5 millones de dólares corresponden a China. El valor del pimiento en España es de 1, 924.9 millones de dólares, el de México de 1, 511.54 millones de dólares, el de Turquía de 918.76 y Países bajos con 579.95 millones de dólares, por mencionar la importancia económica de algunos de los principales países productores (Fig. 1) (FAOSTAT, 2021).

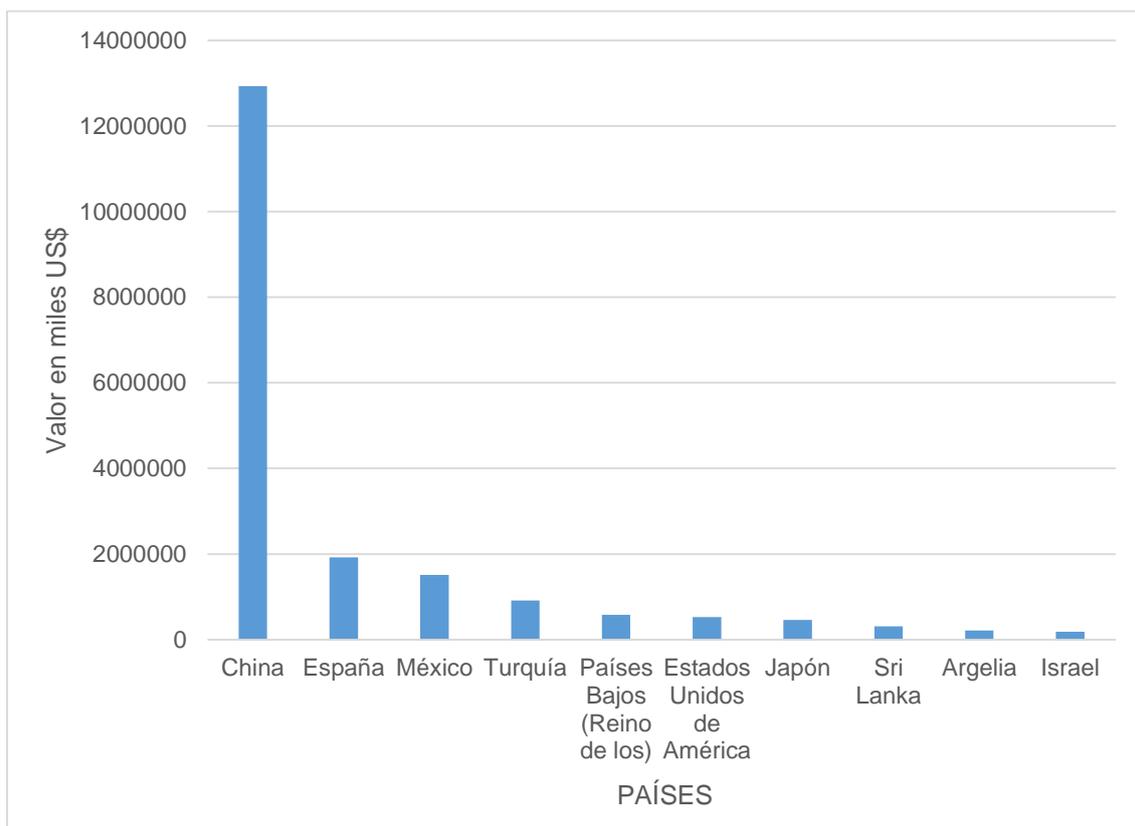


Figura 1. Valor de la producción bruta (miles US\$) de pimientos (2021) (FAOSTAT 2023)

4.5 Importancia del pimiento morrón en México

México se ha ubicado en los últimos años como el principal país exportador de pimientos frescos, con una participación mundial del 29 por ciento y con Estados Unidos, Canadá y Reino Unido como principales destinos.

El volumen de producción en México en el año 2022 fue de aproximadamente 562,075 toneladas con un valor aproximado a los 8,540 millones de pesos. Los estados con mayor superficie sembrada de pimiento en México son Sinaloa con 3,876 ha, Sonora con 1,377 ha, Guanajuato con 554.86 ha, Jalisco con 472 ha, Baja California Sur con 228.50 ha y Coahuila con 193 ha (SIAP, 2022). Es importante mencionar que, de 2010 a 2015 el incremento de la superficie sembrada fue de 52%, es decir en promedio 10% anual, mientras que de 2015 a 2020 fue de 10%, es decir, un crecimiento de 2% anual, bajo con el periodo anterior, pero atribuido a la pandemia generada por COVID-19 entre 2019 y 2021 (SIAP, 2022)

4.6 Importancia del pimiento morrón en Coahuila

Coahuila se encuentra dentro de los seis estados con mayor superficie de pimiento morrón sembrada, de las cuales el 25.9 % son a campo abierto, con un rendimiento aproximado de 39.58 toneladas por hectárea, con una producción total de 28.13 millones de pesos. El 32.12% corresponde a la superficie de invernadero que presenta un rendimiento de 158 toneladas por hectárea y con un valor de la producción de 163.47 millones de pesos por ciclo. El 41.96% de la superficie total son malla sombras con un rendimiento promedio de 84 toneladas por hectárea y con un valor de producción anual de 170.35 millones de pesos (SIAP, 2022).

4.7 Valor nutricional del pimiento

Desde el punto de vista nutrimental, el pimiento, es uno de los vegetales más completos en sustancias nutritivas, destacándose la presencia de vitamina A; complejo vitamínico B, vitamina C y vitamina E, así como de los minerales calcio, hierro y fosforo; y proteínas, fibra dietética, kilocalorías y una elevada cantidad de antioxidantes, atributos que lo hacen ser un alimento de alto valor nutrimental (Llanos, 1999).

4.8 Pimiento bajo agricultura protegida.

La horticultura protegida, es una alternativa para los productores, dado que permite satisfacer los compromisos de muchos mercados, pues posibilita enfrentar los rigores del cambio climático y sus efectos; diversas variables ambientales (temperatura, humedad relativa, lluvia, luminosidad) y agronómicas (sustratos, riego, tutorado, poda, fertilizantes, plagas, enfermedades) pueden controlarse con mayor certeza (Castilla, 2005).

La tecnología de producción en invernadero ha aumentado el rendimiento de pimiento por unidad de área (Jovicich *et al.*, 2005); en este sentido, algunos autores mencionan que la producción en invernadero puede llegar a 80 ton/a, mientras que otros investigadores indican que el rendimiento bajo ambiente protegido oscila entre 30-150 ton/ha, algunos datos indican hasta 250 ton/ha, mientras que a campo abierto varía entre 8-43 ton/ha (Zúñiga *et al.*, 2004). En México, el 75% de la producción se realiza bajo alguna modalidad de agricultura protegida ya se invernadero, mallas o túneles, de ahí la importancia del desarrollo de variedades para este tipo de tecnología en crecimiento (SIAP, 2022).

4.9 Mejoramiento genético del pimiento

Las plantas autógamas se llaman así porque su reproducción se da por autofecundación, se encuentran conformadas por una mezcla única de homocigotos, estas especies presentan un porcentaje muy bajo de fecundación cruzada de forma natural. En este tipo de plantas no se encuentra presente el cruzamiento genético, es decir no realizan el intercambio de sus genes con otras plantas por lo que tienen un genotipo permanente, es por ello, que cuando se requiere realizar mejoramiento, existe un mayor interés por evaluar las frecuencias genotípicas de la población. Las plantas autógamas se consideran como líneas puras porque descienden de sí mismas por autofecundación, obteniendo líneas homocigotas para todos sus caracteres (Vallejo & Estrada, 2016).

Los principales objetivos del mejoramiento genético en pimiento a nivel mundial se focalizan mayoritariamente en variedades tipo Bell y Lamuyo, en sus colores rojo, amarillo y naranja abordando calidad, rendimiento y resistencia a problemas fitosanitarios y factores abióticos (Hein, 2017).

Una de las mayores preocupaciones de los fitomejoradores de pimiento, es conocer y determinar las características cuantitativas asociadas directamente con el rendimiento del cultivo (Martín y González, 1991). El incremento del rendimiento en pimiento se puede llevar a cabo seleccionando plantas de acuerdo a características como número de frutos por planta, tamaño de fruto, altura de la planta, y número de ramas principales, las cuales junto con el diámetro y longitud del fruto presentan alta variabilidad que puede ser aprovechable en los programas de mejora genética (Ado y Samawira, 1987). La evaluación agronómica por su parte, es una actividad a través de la cual se valoran las características cuantitativas de las accesiones o genotipos que conforman una colección de trabajo, con el fin de iniciar un programa de mejoramiento genético que pretende la generación de nuevas variedades o híbridos, actividad que generalmente se repite conforme se avanza en el nivel de endogamia, y tiene que realizarse continuamente para valorar las líneas cuantitativamente (Pardey *et al.*, 2006; Palacios y García, 2007).

4.10 Tipos de mejoramiento genético

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza autógama. En los trabajos de mejoramiento genético de esta especie, la selección genealógica ha sido el método más frecuentemente empleado, ya que permite utilizar eficientemente la variabilidad creada.

Selección genealógica (método por pedigree)

Este método se basa en el aislamiento del mejor genotipo, debido a que se seleccionan las plantas o plantas únicas que presenten las mejores características, logrando así presentarlas como nuevos cultivos o líneas para la generación de híbridos (Vallejo & Estrada, 2016).

Hibridación

Este modelo se sustenta en el cruzamiento de individuos con diferentes genotipos para lograr obtener las características de los genes deseables de ambos parentales en la nueva generación. Este método se usa como principal estrategia para mejorar las especies ya existentes en especies superiores a sus antecesoras. Para obtener buenos resultados, se seleccionan los progenitores en ciclos avanzados de

selección recurrente, teniendo en cuenta las características que se desea mezclar o aprovechar de cada progenitor (Angulo & Ortiz, 2020).

Selección masal

Este método implica a un gran número de individuos con características fenotípicas similares, características que se aportarán y conservaran para la siguiente generación, este método es muy usado para poblaciones heterogéneas formadas por líneas puras, busca en la medida de lo posible, la conservación de los caracteres sobresalientes de la población ciclo tras ciclo (Angulo & Ortiz, 2020).

Retrocruzamiento

El retrocruzamiento, tiene como finalidad conseguir variedades resistentes a cualquier patógeno o enfermedad, así como la modificación de características cualitativas, este método tradicional nos permite lograr la modificación de cualquier carácter, sólo si presenta una alta tasa de heredabilidad y en particular de genes dominantes (Arteaga, 2011).

Selección asistida por marcadores moleculares

La selección asistida por marcadores moleculares (SAM), representa una eficaz herramienta biotecnológica que nos da la facultad de seleccionar plantas con ciertas propiedades o características de interés en cualquier estadio de sus etapas fenológicas. Esta técnica se basa en la identificación de secuencias de ADN muy relacionadas entre sí con características asociadas a la productividad (Arruabarrena et al., 2015).

Inducción de mutaciones

En las plantas autóгамas, la heterocigosis es un recurso extremadamente importante al comienzo de la mejora, ya que generalmente se asocia con la presencia de variabilidad genética. Mutación e hibridación inducidas puede aumentar la proporción de loci heterocigotos de forma distinta. En especies diploides, después de algunas generaciones de autofecundación, la heterosis reducirse a la mitad debido a la endogamia. Se pueden utilizar varios mecanismos

para crear y expandir los loci en heterocigosis, como mutaciones inducidas e hibridaciones artificiales (Rita et al.2017).

Cultivo de tejidos

Cultivo de tejidos in vitro ha demostrado que es un método muy favorable ya que las técnicas que se aplican son más fáciles y se necesita menos presupuesto en la producción, sobre todo ayuda a disminuir el tiempo que se necesitaría para obtener nuevas plantas comparado con el requerido en campo. Otras de las ventajas son que disminuye considerablemente la probabilidad de contraer patógenos en las plantas en comparación con otros métodos, y sus tasas de multiplicación son altas. Algo que no favorece al aplicar el método de tejidos cultivados in vitro es que el material genético se puede perder producto de las contaminaciones y también es necesario que el personal calificado esté vigilando todo el tiempo (Bonilla, 2015).

Ingeniería genética y mejoramiento de genes

El fitomejoramiento convencional es muy útil cuando se trata de mejora de cultivos, pero principalmente implica cultivar y probar muchos cultivos durante varias generaciones, una tarea larga y tediosa. La ingeniería genética, que significa un cambio directo en la composición genética, tiene varias ventajas sobre la producción convencional (Dong & Ronald, 2019).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación y localización

Este proyecto de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, en un invernadero de baja tecnología que se encuentra localizado cerca al departamento de Fitomejoramiento, con las siguientes coordenadas geográficas 25° 21' 15'' Latitud Norte y 101° 02' 03'' Longitud Oeste y una altitud de 1774 msnm, con una temperatura promedio anual de 16.4 °C, con precipitaciones de 370 mm anuales, con un clima cálido-templado semidesértico.

5.2 Material genético

El material genético utilizado pertenece al Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se tomó en cuenta para la selección y prueba, las características deseadas como color, forma, tamaño, apariencia y peso de los resultados que se tuvieron en un ciclo anterior. Las líneas se identificaron como: línea 9 (L9), línea 10 (L10), línea 11 (L11), línea 12 (L12), línea 13 (L13), línea 14 (L14), línea 15 (L15), línea 16 (L16).

5.3 Diseño de la parcela experimental

El experimento se llevó a cabo en un invernadero de tipo sierra de baja tecnología, con un diseño experimental completamente al azar, con ocho tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. La distancia entre plantas fue de 15 cm y entre surcos fue 1.8 m, generando así una densidad de población de 33,300 plantas por hectárea aproximadamente.

5.4 Labores culturales

5.4.1 Siembra

La siembra de los pimientos se realizó el día cinco de marzo del año 2022, se sembró en una charola de polietileno con 200 cavidades y su respectivo sustrato para germinación de Peat Moss a un 70% y perlita a un 30% respectivamente, se sembraron 100 semillas de cada genotipo, estas fueron colocadas dentro del mismo invernadero, para su germinación, desarrollo de la plántula y finalmente trasplante (Fig. 2).



Figura 2. Siembra de pimiento en charolas de 200 cavidades con sustrato Peat Moss al 70% y Perlita al 30%.

5.4.2 Trasplante

El trasplante se realizó el veintiocho de abril del 2022, cada plántula se trasplantó de forma manual en bolis de fibra de coco, se colocaron ocho bolis de fibra de coco por surco, cada uno con 6 plantas de una sola línea a evaluar, cada surco consto de 48 plantas respectivamente. Así mismo se realizaron los cuidados de la planta, para posteriormente llevar un mejor manejo, procurando siempre estar libre de cualquier enfermedad o plagas (Fig. 3).



Figura 3. Plántula de pimiento morrón trasplantadas en bolis de fibra de coco a 15 centímetros de distancia entre plantas y 1.8 metros entre surcos.

5.4.3 Fertilización

La fertilización fue a través de soluciones nutritivas constantes, una semana después de haber realizado el trasplante, se prosiguió a la aplicación de la solución nutritiva para el desarrollo y crecimiento de la planta, con la finalidad de tener un alto vigor, buen crecimiento y desarrollo y rendimiento en el cultivo, por lo cual se dio diferente aporte nutricional; el primero fue la solución al 50%, posteriormente al 75 % y finalmente al 100% (Cuadro 1), manteniendo un rango de pH de 5.9-6.1 y una conductividad eléctrica de 1.5 a 2.7 dS/m en la solución nutritiva, esto dependiendo la etapa fenológica en la que se encontraba nuestro cultivo.

Cuadro 1. Solución nutritiva de macroelementos y microelementos para el cultivo de pimiento morrón a tres diferentes porcentajes.

Macroelementos										
SN	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻ y CO ₃ ⁻²	K ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	NH ₄ ⁺	Na ⁺
(%)	Miliequivalentes L ⁻¹									
100	3.26	12	1	7	1	7	4	11	2	3
75	3.26	8.6	0.75	5.25	1	5.25	3	8.25	1.5	3
50	3.26	6	0.5	3.5	1	3.5	2	5.5	1	3
Microelementos										
SN	Fe ⁺³	Mn ⁺²	H ₃ BO ₃	Zn ⁺²	Cu ⁺²	MoO ₄ ⁻²	CE	Ph		
(%)	Partes por millón (ppm)						dS/m			
100	3	1.48	0.28	0.24	0.12	0.08	2.7	5.9-6.1		
75	2.25	1.11	0.21	0.18	0.09	0.06	2.1	5.9-6.1		
50	1.5	0.74	0.14	0.12	0.06	0.04	1.5	5.9-6.1		

5.4.4 Riego

El sistema de riego fue establecido mediante el riego por estaca o piqueta, una vez trasplantado los pimientos, la primera semana se realizaron riegos con agua sin fertilizante. Posteriormente mediante nuestro sistema de fertirrigación, se preparó un tanque de 2500 litros donde se almacenaba la solución nutritiva, así mismo se utilizó una bomba de riego que era conectada a un temporizador digital para así tener un riego automatizado de manera periódica y programada nuestra solución nutritiva.

No obstante, el sistema de riego por estaca conectaba con la línea principal proporcionando la misma cantidad de solución a cada planta.

5.4.5 Tutorado

De acuerdo con el crecimiento de las plantas de pimiento, se tutoraron a doble tallo cada uno, cada tallo se alineo de manera vertical mediante rafia color negro, tipo agrícola de una densidad de 1g.m^{-2} , donde se sostenían mediante los alambres del tutoréo del invernadero, este tutoréo se realizó cada semana para mantener los tallos siempre erguidos en línea vertical.

5.4.6 Poda

La poda se realizó durante el establecimiento del cultivo, donde se ejecutó 40 días después del trasplante, donde se eliminaron los tallos con menos vigor y solo se dejaron dos tallos principales por planta con todas las líneas a evaluar, para esta actividad se utilizaron tijeras para podar, lavadas y desinfectadas con cloro al 2%.

5.4.7 Control de plagas y enfermedades

Se efectuó un control correspondiente a la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo, tomando como referencia los resultados de monitoreos semanales, en este caso se realizaron aplicaciones de Confidor® 350 SC con ingrediente activo Imidacloprid 30.2% a 1ml L^{-1} y para control de enfermedades radiculares se aplicó Busan30® i.a TCMTB 30%, a una dosis de 0.2 ml L^{-1} , para la alta incidencia de plaga (trips y mosquita blanca) se aplicó Muralla Max® 300 OD cuyo ingrediente activo es imidacloprid 19.6% + betacyflutrín 8.4%, a una dosis de $0.5\text{ a }1\text{ ml L}^{-1}$ alternado de Sivanto® i.a flupyradifurone 17.09%, a una dosis de 1 ml L^{-1} y Sunfire® a dosis de 0.5 ml L^{-1} .

5.4.8 Cosecha

Una vez cumpliendo su etapa se procedió a la cosecha (90 ddt aproximadamente), los frutos de pimiento se cortaron cuando mostraron una coloración externa

superior al 50%, coloración roja característica de cada línea, se recolectaron todos los frutos de cada línea evaluada, marcados y separados en bolsas y cajas para identificar plenamente (Figura 4).



Figura 4. Frutos cosechados de acuerdo con la madurez, tamaño, color y forma.

Así mismo, se realizaron dos cosechas, cabe mencionar que se dejó una concentración de maduración para esta labor, durante el ciclo del cultivo la cual fue 107 días después del trasplante el día 14 de agosto del 2022 y posteriormente el 03 de septiembre la segunda cosecha a los 127 días después del trasplante (Cuadro 2).

Cuadro 2: Cosechas realizadas en las ocho líneas evaluados después del trasplante.

Cosecha	Días después del Trasplante	Fecha de cosecha
1	107	14 de agosto de 2022
2	127	03 de septiembre del 2022

5.4.9 Variables agronómicas evaluadas

Altura de planta

Para determinar esta variable, se midieron las plantas con una cinta metálica graduada en centímetros marca Truper®.

Diámetro del tallo

Así mismo la variable a evaluar consistió medir el diámetro del tallo, con lo cual se utilizó un vernier digital marca Steren®, esto a tres centímetros de la base del tallo.

Longitud del fruto

Para obtener la variable de longitud del fruto, se midió cada fruto cosechado con un vernier digitalizado marca Steren®, desde la base del cáliz hasta el ápice de este.

Diámetro ecuatorial del fruto

Esta variable se cuantifico con un vernier digital marca Steren®, tomando la medida de cada fruto cosechado en el diámetro ecuatorial del mismo, y de acuerdo con sus respectivas líneas.

Grosor del mesocarpio

Para la obtención de esta variable se cortaron los frutos por su parte ecuatorial y con la ayuda de un vernier digital marca Steren®, se tomó la medida del grosor.

Numero de frutos por planta

Se contabilizaron y sumaron los frutos cosechados por planta, en cada una de las cosechas.

Peso promedio del fruto

Para determinar esta variable, se pesaron en una báscula marca Torrey® modelo LPCR40, los frutos se contabilizaron y así esta variable resultado de dividir el peso total de los frutos entre el número de frutos por planta.

Rendimiento por planta (kg planta⁻¹)

Para determinar esta variable, se pesaron en una báscula marca Torrey® modelo LPCR40, los frutos de cada planta en cada repetición y de cada línea, la suma del rendimiento de cada planta en cada una de las cosechas dio como resultado el rendimiento total por planta.

Sólidos solubles totales

Para esta variable se utilizó un refractómetro digital, con lo cual se aplicaba un porcentaje de savia sacada del fruto (generalmente dos gotas), para determinar el parámetro en grados brix.

Rendimiento calculado en toneladas por hectárea (t ha⁻¹)

Para nuestra variable se multiplicó el rendimiento de cada planta por el número total de plantas en una hectárea de acuerdo con la distribución del experimento.

Diseño experimental y estadístico

Los genotipos se evaluaron bajo un modelo experimental completamente al azar, con ocho tratamientos y cuatro repeticiones cada uno, con la finalidad de detectar diferencias significativas entre genotipos. Los datos se analizaron con el software INFOSTAT® con análisis de varianza al $p \leq 0.05$ y se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del $p \leq 0.05$ para la comparación de medias, esto se llevó a cabo bajo el modelo estadístico lineal siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable observada del i -ésimo repetición del j -ésimo tratamiento.

μ = efecto de la media general

T_i = efecto del j -ésimo tratamiento.

ε_{ij} = efecto del error experimental

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Altura de planta

En chile dulce, se tienen informes de que la altura de la planta puede variar entre 0,49 y 2,24 m (Grijalva-Contreras et al., 2008; Jovicich et al., 1999; Jovicich et al., 2004; Monge-Pérez, 2016; Moreno et al., 2011; Paunero, 2008; Quesada, 2015; Reséndiz-Melgar et al., 2010); los resultados obtenidos en la presente investigación se ubican dentro de dicho rango descrito por estos investigadores. De acuerdo con los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), y la prueba de media de Tukey $p \leq 0.05$, no detectó diferencia significativa estadística entre líneas, en la variable de altura de planta, no obstante, la línea 10 superó en 24% a la línea 13 (Figura 5). Cabe mencionar que estas medidas son los promedios extraídos de una sola medida al final del cultivo de los diferentes materiales.

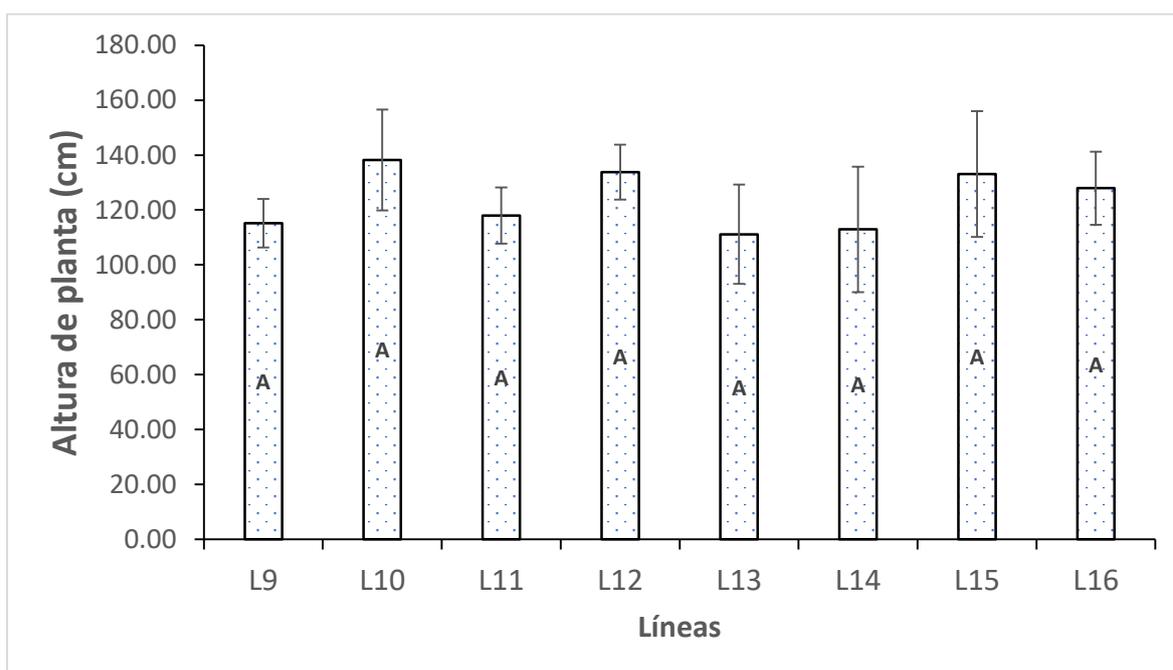


Figura 5. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable altura de planta de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. Líneas verticales en las barras del gráfico corresponden a desviación estándar.

6.2 Diámetro del tallo

De acuerdo con los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), y la prueba de medias de Tukey $p \leq 0.05$, no se detectó diferencia significativa estadística entre líneas, en la variable de diámetro del tallo, por lo que estadísticamente son iguales, no obstante, la línea 10 superó en 6.8% a la línea 16 (Figura 6). De acuerdo con Elizondo *et al.* (2017) el diámetro del tallo de la planta nos orienta a que, entre mayor sea el valor para esta variable, mayor es la capacidad para soportar el peso de órganos principales como ramas, flores y frutos, y a su vez disminuye el riesgo de que el tallo se quiebre por un exceso de peso de la parte aérea de la planta.

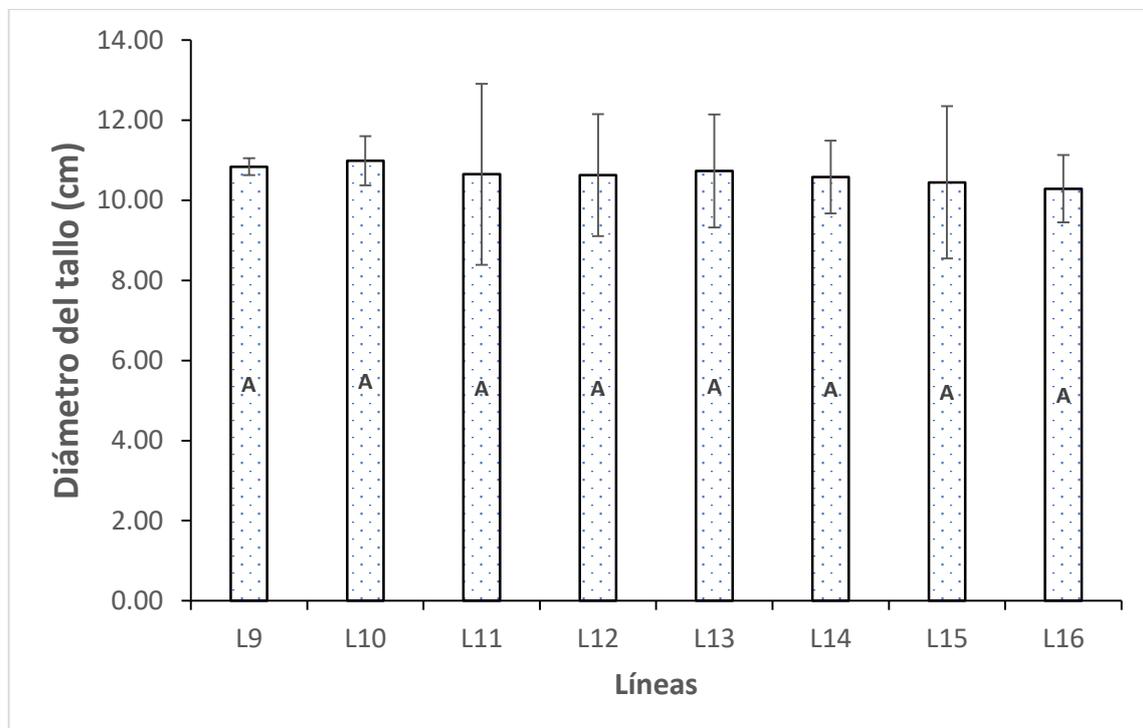


Figura 6. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable diámetro del tallo de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. Líneas verticales en las barras del gráfico corresponden a desviación estándar.

6.3 Número de frutos por planta

De acuerdo con los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), y la prueba de media de Tukey $p \leq 0.05$, no detectó diferencia significativa estadística entre líneas, en la variable número de frutos por planta, no obstante, la línea 16 superó en 80% a la línea 10 (Figura 7). Los resultados encontrados en los genotipos evaluados se encuentran dentro de los rangos obtenidos por Moreno *et al.* (2019), en donde el número potencial de frutos por planta oscila de 7.4 a 12 frutos dependiendo su manejo y el ciclo que dura el cultivo.

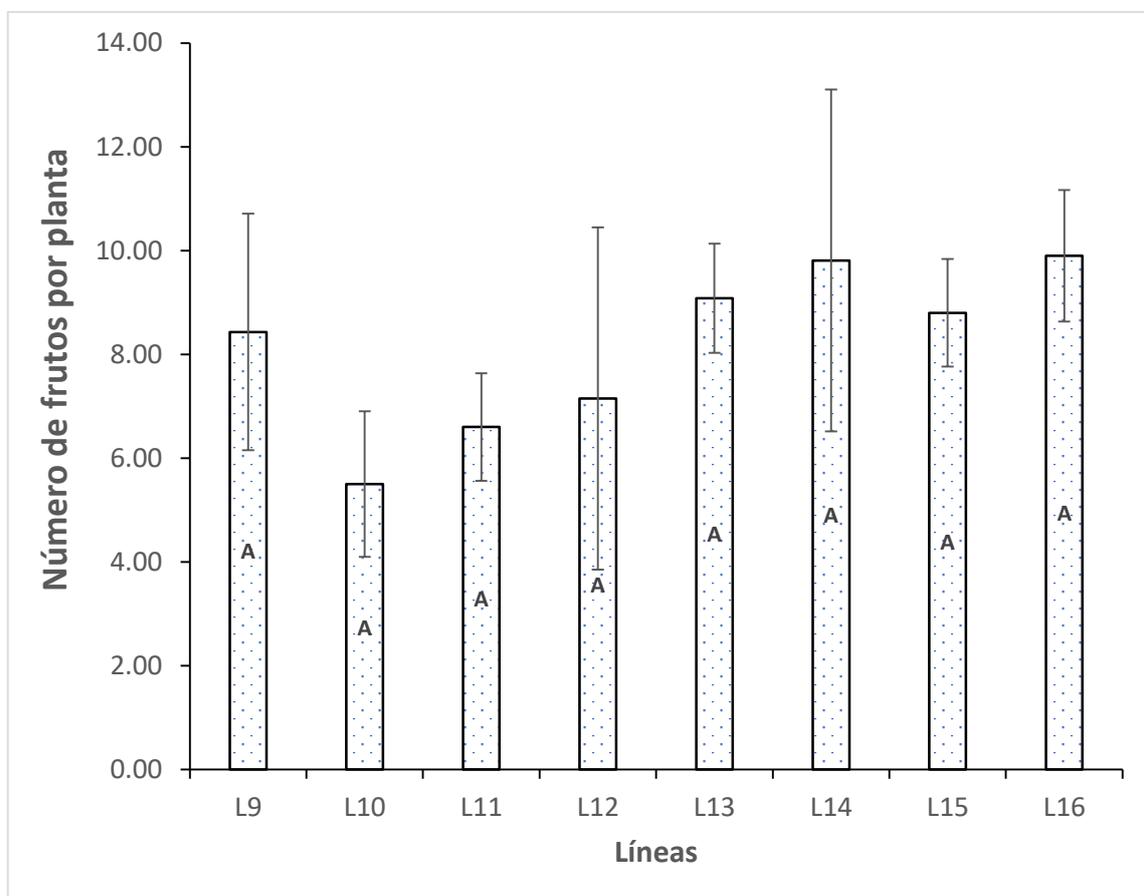


Figura 7. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable número de frutos por planta de ocho líneas de pimienta morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. Líneas verticales en las barras del gráfico corresponden a desviación estándar.

6.4 Peso promedio del fruto

De acuerdo con los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), y la prueba de media de Tukey $p \leq 0.05$, no se detectó diferencia significativa estadística entre líneas, en la variable peso promedio del fruto, no obstante, la línea 16 superó en 28% a la línea 10 (Figura 8). De acuerdo con los resultados obtenidos en el desempeño agronómico de la variable peso promedio de fruto, estos concuerdan con lo que señalan Elizondo *et al.* (2017), donde reportan un peso promedio del fruto de 179.4 g en la calidad de primera, 146.5 g en la calidad de segunda, sin duda, valores muy similares a los obtenidos en la presente investigación, y similares también a lo que indicó Elizondo *et al.* (2017) donde los valores del peso promedio de los frutos van en un rango de 141 a 182g.

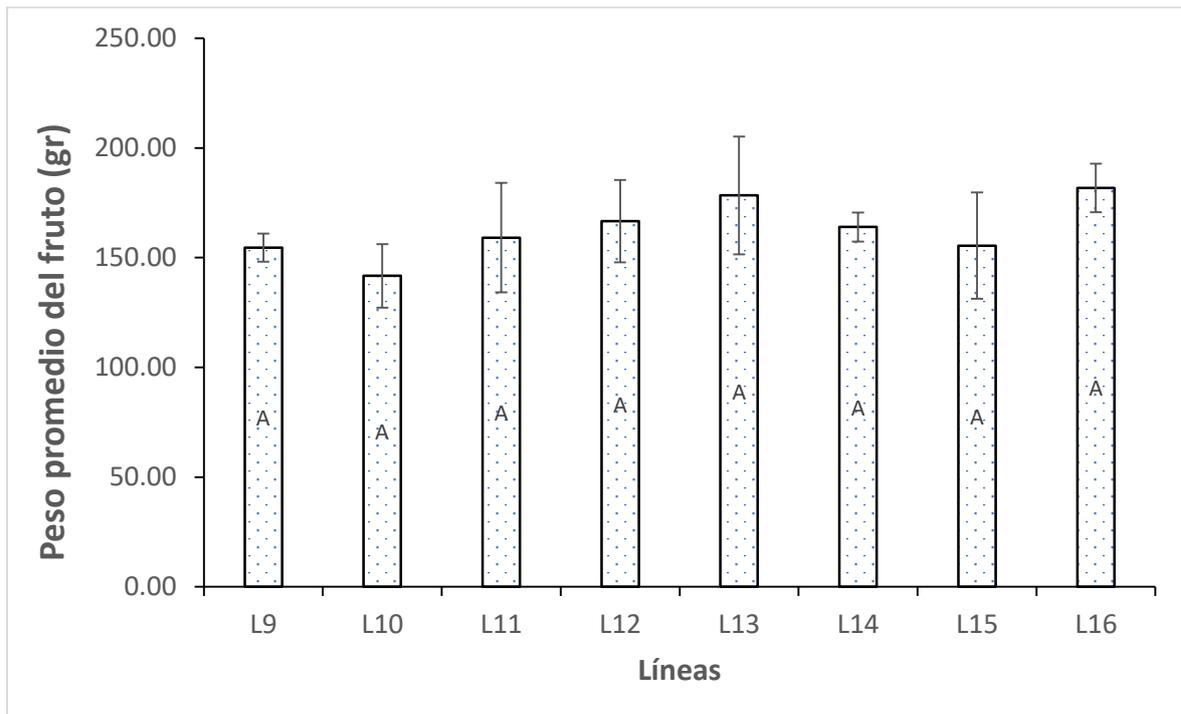


Figura 8. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable peso promedio del fruto de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. Líneas verticales en las barras del gráfico corresponden a desviación estándar.

6.5 Rendimiento por planta (kg planta⁻¹)

De acuerdo con los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), y la prueba de media de Tukey $p \leq 0.05$, se observaron diferencias significativas en la variable rendimiento en kilogramos por planta, dentro de estas, la línea 13 y 16 mostraron un mayor rendimiento, sobresaliente al resto. La línea 13 y 16 superaron en más de 120% a la línea 10 que fue la de menor rendimiento entre todas (Figura 9).

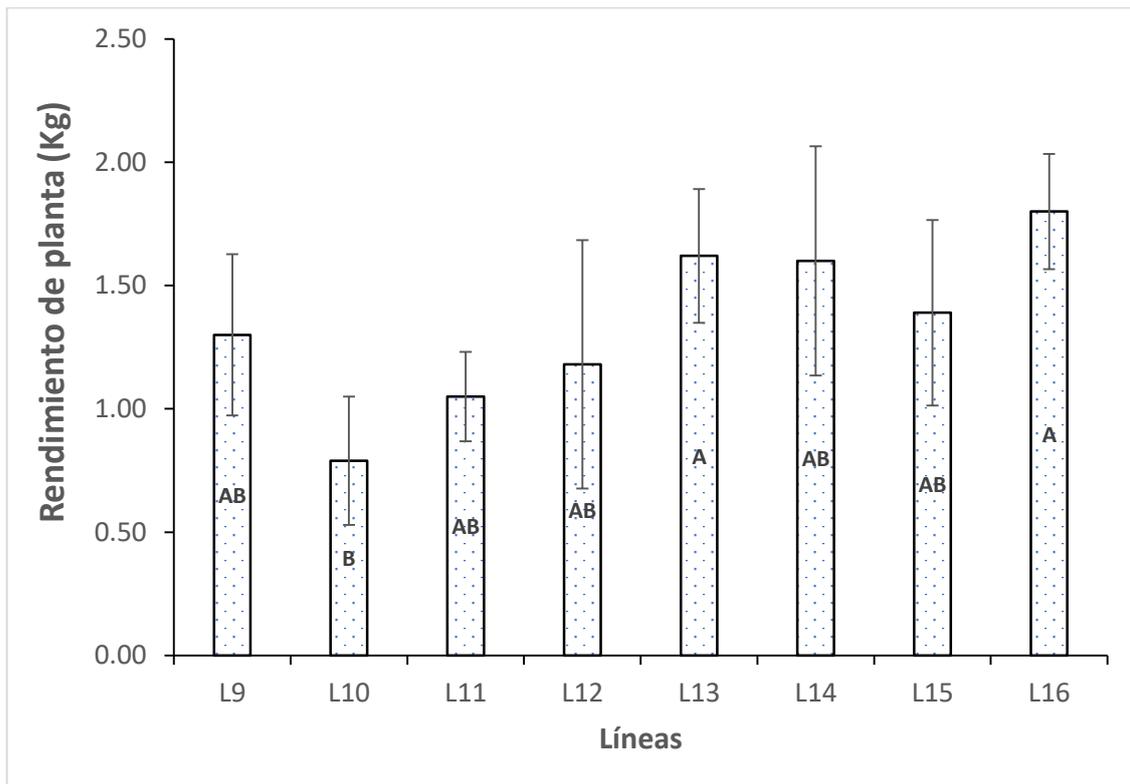


Figura 9. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable rendimiento de planta, de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. Líneas verticales en las barras del gráfico corresponden a desviación estándar.

6.6 Rendimiento calculado (t ha⁻¹)

De acuerdo con los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), y la prueba de media de Tukey $p \leq 0.05$, se observaron diferencias significativas en la variable de rendimiento calculado en toneladas por hectárea, en donde la línea número 13 y 16 resultaron superiores, aunque, a excepción de la L10 todos se encuentran en el mismo grupo estadístico, es importante mencionar que la L13 y 16 tuvieron un incremento porcentual de más de 120% respecto de la línea 10 (Figura 10).

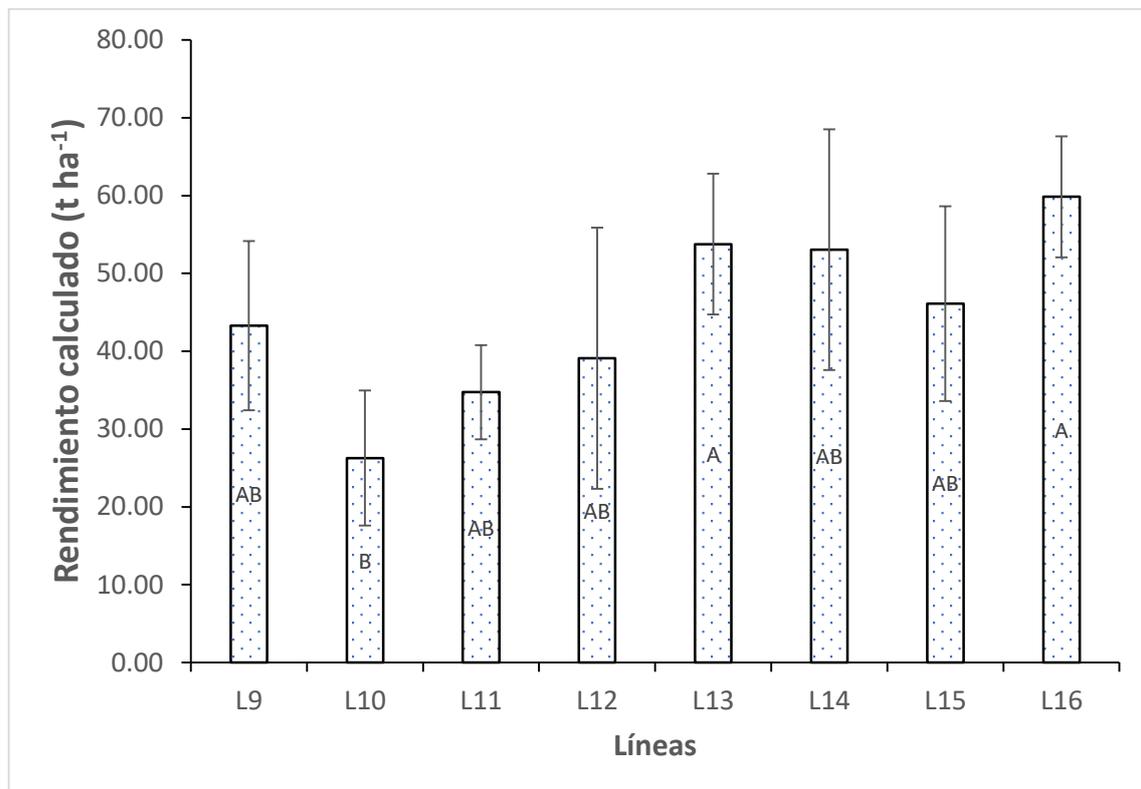


Figura 10. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable rendimiento calculado en toneladas por hectárea, de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. Líneas verticales en las barras del gráfico corresponden a desviación estándar.

6.7 Longitud del fruto

Según diversas investigaciones, en chile dulce la longitud el fruto puede variar entre 5.0 y 20.9 cm dependiendo de la variedad (Aranguiz, 2002; Dasgan & Abak, 2003; Hutton & Handley, 2007; Macua et al., 2010; Mahmoud & El-Eslamboly, 2015; Montaña & Belisario, 2012; Moreno et al., 2011; Paunero, 2008; Sharma et al., 2010; Shaw & Cantliffe, 2002). Los resultados obtenidos en la presente investigación se ubican dentro de este rango, ya que de acuerdo con los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), y la prueba de media de Tukey $p \leq 0.05$, se observaron diferencias significativas en la variable longitud de fruto, en donde la línea número 16 resultó superior a todas las demás, ya que superó en más de 15 % a las demás líneas (Figura 11).

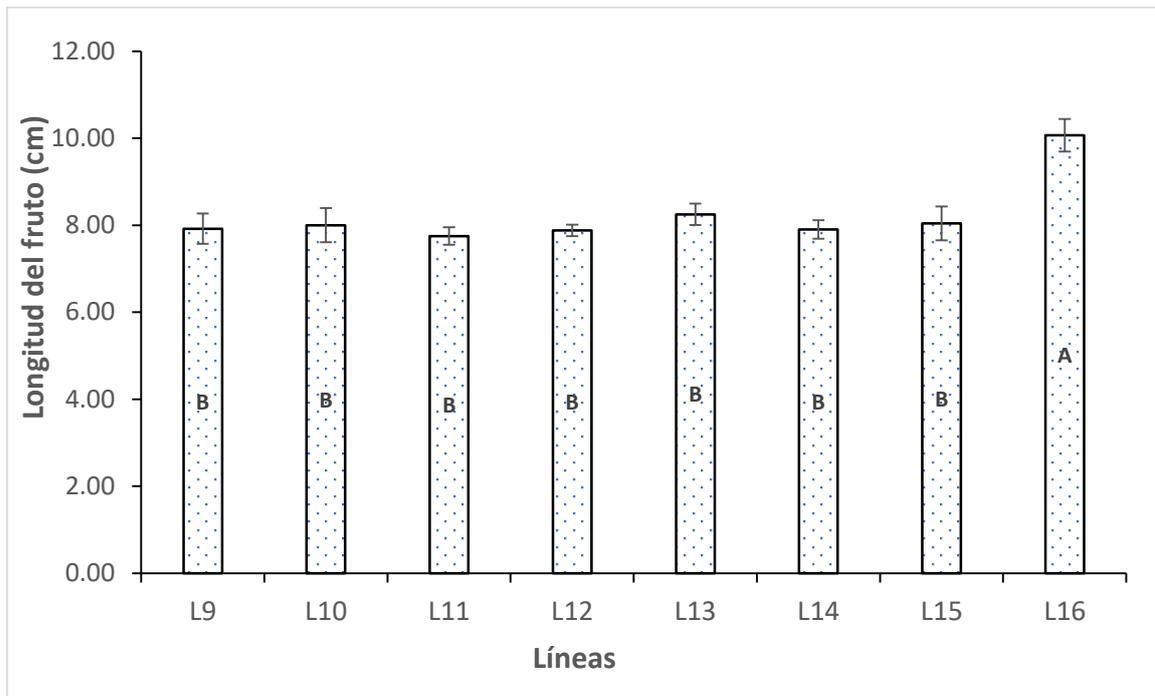


Figura 11. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable longitud del fruto, de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. Líneas verticales en las barras del gráfico corresponden a desviación estándar.

6.8 Diámetro del fruto

De acuerdo con los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), y la prueba de media de Tukey $p \leq 0.05$, se observaron diferencias significativas en la variable diámetro del fruto, en donde a excepción de la línea 15, todas las líneas se ubicaron en el mismo grupo estadístico, no obstante, dentro de estas destacaron las líneas número 13 y 14 ya que superaron a la línea 15 en 14% (Figura 12).

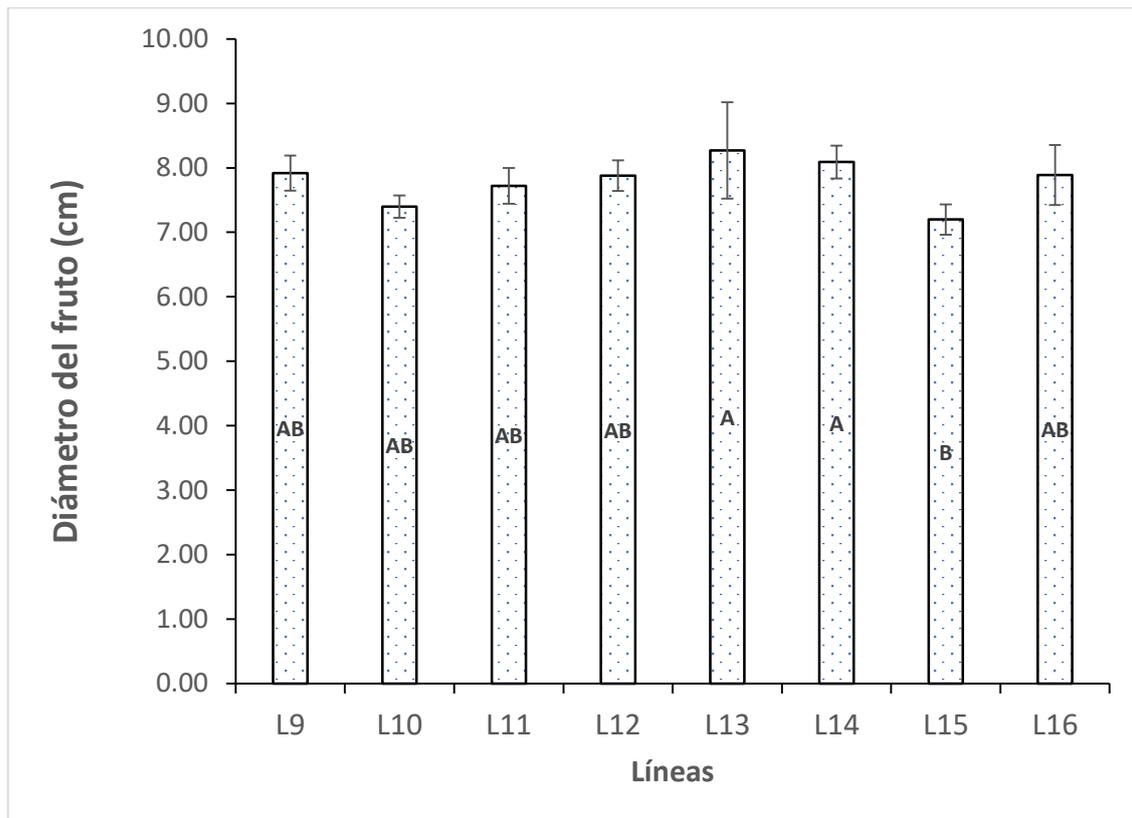


Figura 12. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable diámetro del fruto, de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. Líneas verticales en las barras del gráfico corresponden a desviación estándar.

6.9 Grosor del mesocarpio

En chile dulce, se tienen informes de que el espesor de la pared del fruto puede variar entre 3,30 y 8,93 mm (Aranguiz, 2002; Hutton & Handley, 2007; Macua et al., 2010; Mahmoud & El-Eslamboly, 2015; Paunero, 2008; Sharma et al., 2010; Shaw & Cantliffe, 2002); los datos obtenidos en la presente investigación se ubican dentro de este rango que se menciona. De acuerdo con los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), y la prueba de media de Tukey $p \leq 0.05$, se observaron diferencias significativas en la variable grosor del mesocarpio, en donde se observa que la respuesta de las líneas fue similar, con excepción de la línea 14 que fue la de menor valor, y dentro del grupo destaca la línea 10 (Figura 13).

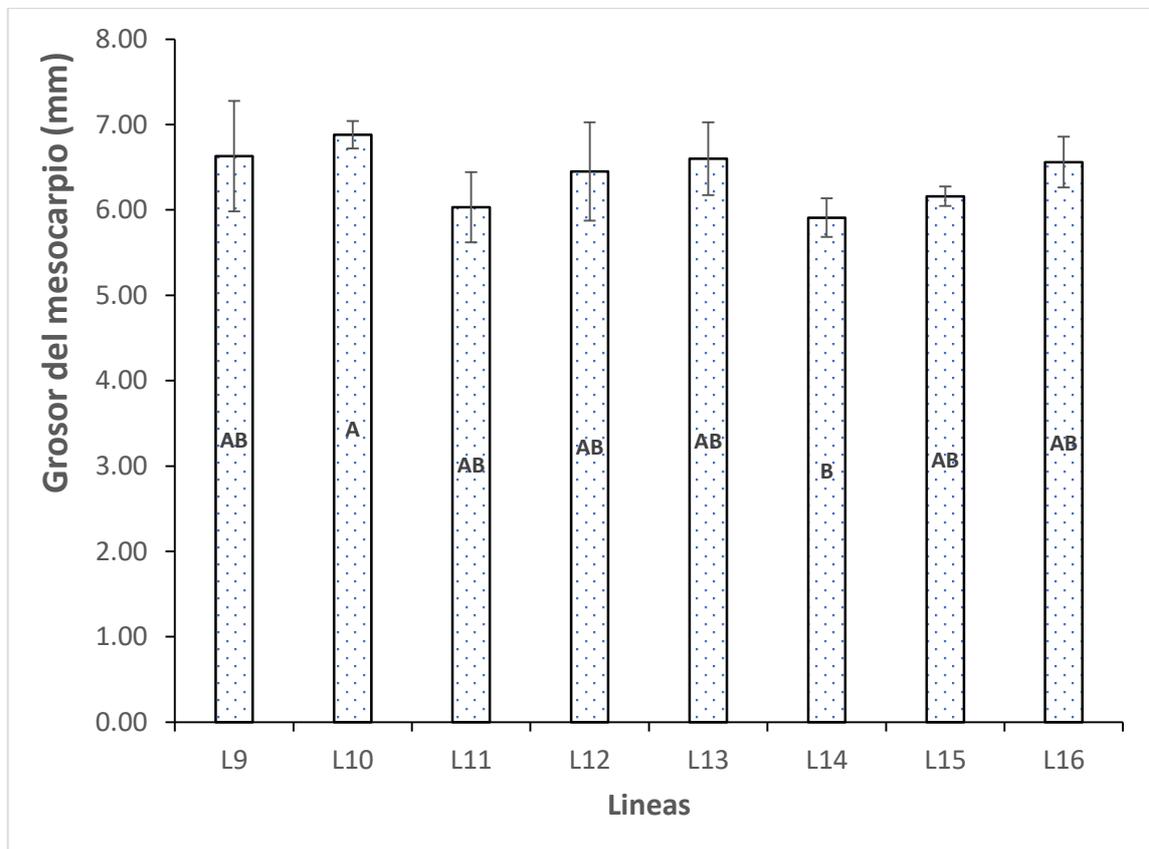


Figura 13. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable grosor del mesocarpio, de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. Líneas verticales en las barras del gráfico corresponden a desviación estándar.

6.10 Sólidos solubles totales

De acuerdo con los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), y la prueba de media de Tukey $p \leq 0.05$, se observaron diferencias significativas en la variable sólidos solubles totales, en donde a excepción de la línea número 10 todas las demás se encuentran dentro del mismo grupo estadístico, aunque es importante resaltar que, la línea 11 superó en un 19% a la línea 10 (Figura 14). El resultado obtenido de sólidos solubles totales para todas las líneas fue de 7.53 - 9.02 °Brix se encuentran dentro del rango de 3.6 y 8.9 °Brix que se ha reportado previamente para pimientos dulces (Penchaiya et al., 2009).

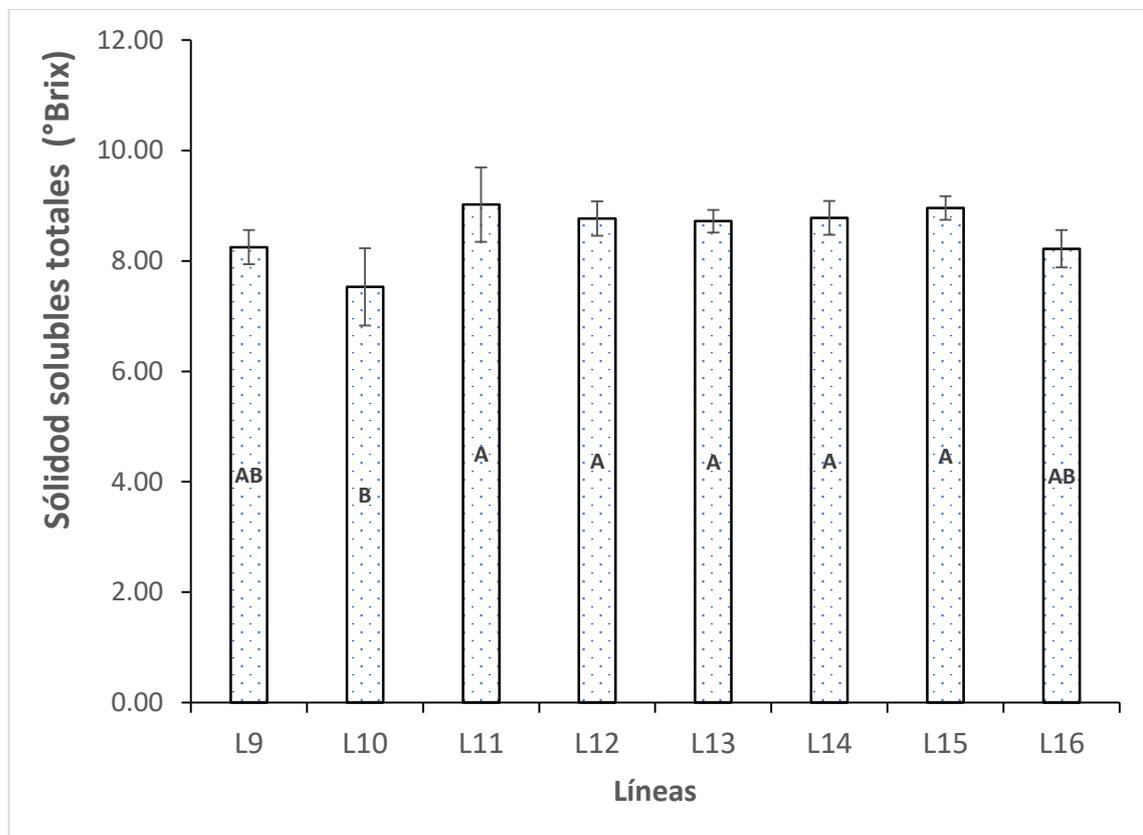


Figura 14. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable sólidos solubles totales (°Brix), de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. Líneas verticales en las barras del gráfico corresponden a desviación estándar.

7. CONCLUSIÓN

El comportamiento de las líneas en su evaluación agronómica fue diferente en algunas de las variables evaluadas, pero similar en otras, esto bajo las condiciones probadas, sin embargo, las diferencias porcentuales encontradas entre las líneas en la mayoría de las variables cuantificadas, dan la pauta para continuar con el proceso de selección y evaluación de líneas para la observación de su comportamiento en ciclos más avanzados, a fin de identificar las líneas con potencial genético para el desarrollo de nuevas variedades o híbridos.

Las líneas que destacaron por su desempeño agronómico de forma general fueron, las líneas dieciséis, trece y nueve, líneas que pretenden incluirse y resguardarse para continuar el programa de mejoramiento genético.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Ado, I. & Samawira, I. (1987). Estimates of genetic parameters of yield components in peppers (*Capsicum annuum*). *East African Agricultural and Forestry Journal (Kenia)*, 52(3), 136-140.
- Angulo, I. & Ortiz, M (2020). *Mejoramiento Genetico en Plantas Alogamas y Autogamas. [Monografía de licenciatura, Universidad Nacional de Colombia]*.
- Aranguiz, M.J. (2002). Efecto de tres sistemas de poda sobre el rendimiento, calidad y asimilados en dos cultivares de pimiento (*Capsicum annuum* var. *grossum* L.) producidos orgánicamente bajo invernadero. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Talca, Chile: Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca.
- Arruabarrena, A., Gonzales, M., Rubio, L. y Giménez, G. (2015). Selección asistida por marcadores en el mejoramiento genético de tomate. *Biotecnología para el sector productivo. Revista INIA Uruguay*, 40(1), 43 -46.
- Arteaga, A. (2011). Simulación de dos estrategias de mejoramiento genético de plantas aplicando la plataforma *qu - gene*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
- Bocajá, C., & Monsalve, O. (2012). *Manual de producción de pimentón bajo invernadero. (E. G. Nueva, Ed.) (Primera ed). Bogota*.
- Bonilla, M. (2015). Conservación *in vitro*: una perspectiva para el manejo de los recursos fitogenéticos. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 6(1), 67 -82.
- Borrego, J. V. (2014). *elementos de horticultura general. Mexico: Mundiprensa*.
- Castilla, N. *Invernaderos de plástico; tecnología y manejo, España: Mundi-Prensa, 2005*

- Dasgan, H.Y. & Abak, K. (2003). Effects of plant density and number of shoots on yield and fruit characteristics of peppers grown in glasshouses. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 27, 29-35
- Dong, O. y Ronald, P. (2019). Genetic Engineering for Disease Resistance in Plants: Recent Progress and Future Perspectives. *Plant physiology*, 180(1), 26-38.
- Elizondo, E. 2017. Caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum*) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *InterSedes*. 18(37): 2-27. Fecha de consulta (20 de septiembre de 2023).
- FAOSTAT (División de Estadística Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2021. Valor de la producción agrícola. Obtenido de: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QV>. Fecha de consulta: (22 de septiembre de 2023)
- Grijalva-Contreras, R.L., Macías-Duarte, R. & Robles-Contreras, F. (2008). Productividad y calidad de variedades y densidades de chile bell pepper bajo condiciones de invernadero en el Noroeste de Sonora. *Biocencia (México)*, 10(3), 3-10
- Hein, T. (2017). A Closer Look at Sweet Pepper Breeding and Its Challenges. In *European Seed Newsletter* Vol. 4 Issue 4 <http://european-seed.com/closer-look-sweet-pepper-breedingchallenges/> (último acceso diciembre 2017). Fecha de consulta (22 de septiembre 2023).
- Hutton, M.G. & Handley, D.T. (2007). Bell pepper cultivar performance under short, variable growing seasons. *Hort Technology*, 17(1), 136-141.

- Jovicich, E., Cantliffe, D.J. & Hochmuth, G.J. (1999). Plant density and shoot pruning on yield and quality of a summer greenhouse sweet pepper crop in Northcentral Florida. En K. D. Batal (Ed.), Proceedings 28th National Agricultural Plastics Congress, May 19-22 (pp. 184-190). Tallahassee, Florida, Estados Unidos.
- Jovicich, E., Cantliffe, D.J. & Stoffella, P.J. (2004). Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container, and trellis system. *Hort Technology*, 14(4), 507-513.
- Jovicich, E., VanSickle, J., Cantliffe D. J., and Stoffella, P. J. «Greenhouse-grown colored peppers: a profitable alternative for vegetable production in Florida? » *Hort Technology*, vol. 15, nº 2, pp. 355-369, 2005.
- L. Zúñiga, J. Martínez, G. Baca, A. Martínez, J. Tirado y J. Kohashi, «Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas,» *Agrociencia*, vol. 38, pp. 201-218, 2004.
- Llanos, J.M. (1999): el cultivo del pimiento. *Vida Rural* 83, Edit. Eumedia S. A., Madrid; Agroalimentación, España.
- Macua, J.I., Lahoz, I., Calvillo, S. & Orcaray, L. (2010). Pimientos California y Lamuyo; variedades y colores campaña 2009. *Navarra Agraria*. enero-febrero, pp. 32-36
- Mahmoud, A.M.A. & El-Eslamboly, A.A.S.A. (2015). Production and evaluation of high yielding sweet pepper hybrids under greenhouse conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 15(4), 573-580
- Martín, N. & González, W. (1991). Caracterización de accesiones de chile (*Capsicum* spp.). *Agronomía Mesoamericana*, 2, 31-39.
- Monge-Pérez J. E. y M. Loría Coto, «Relaciones entre densidad de siembra y variables de rendimiento en pimiento (*Capsicum annum*),» *Tecnología en Marcha*, vol. 35, nº 4, pp. 162- 174, 2022.

- Monge-Pérez, J.E. (2016). Efecto de la poda y la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del pimiento cuadrado (*Capsicum annuum* L.) cultivado bajo invernadero en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 29(2), 125-136
- Montaño, N.J. & Belisario, H.D.C. (2012). Comportamiento agronómico de siete cultivares de pimentón (*Capsicum annuum* L.). *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(1), 32-44
- Moreno, E.C., Mora, R., Sánchez, F. & García-Pérez, V. (2011). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(edición especial 2), 5-18
- Palacios, C. S. y García, D. M. A. 2007. Caracterización morfológica de accesiones de *Capsicum* spp. *Acta Agron. (Palmira)*. 55(3):247-252. Fecha de consulta (18 de enero de 2022).
- Pardey, R. C. y García D. M. A. 2006. Caracterización morfológica de cien accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. *Acta Agron (Palmira)*. 55(3):1-9. Fecha de consulta (10 de diciembre de 2021).
- Paunero, I. (2008). Evaluación de cultivares de pimiento 2006/07. Serie Informe Frutihortícola (272), 21. San Pedro, Argentina: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Obtenido de http://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-de-cultivares-de-pimiento-2006-07/at_multi_download/file/ip_0706.pdf
- Penchaiya, P., Bobelyn, E., Verlinden, B.E., Nicolaï, B.M., Saeys, W. (2009). Non-destructive measurement of firmness and soluble solids content in bell pepper using NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering* 94: 267-273.

- Quesada, G. (2015). Producción de chile dulce en invernadero bajo diferentes niveles de agotamiento en la humedad del sustrato. *Agronomía Costarricense*, 39(1), 25-36.
- Reséndiz-Melgar, R.C., Moreno-Pérez, E.C., Sánchez-Del Castillo, F., Rodríguez-Pérez, J.E. & Peña-Lomelí, A. (2010). Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16(3), 223-229
- Rita, C., Trevisani, N., Viera, T., Guidolín, A. y Meirelles, J. (2017). Nivel de heterocigosidad y su relación con la variabilidad genética mecanismos en frijoles. *Revista de Ciencia Agronómica*, 48(3), 1-2.
- Sharma, V.K., Semwal, C.S. & Uniyal, S.P. (2010). Genetic variability and character association analysis in bell pepper (*Capsicum annum* L.). *Journal of Horticulture and Forestry*, 2(3), 58-65
- Shaw, N.L. & Cantliffe, D.J. (2002). Brightly colored pepper cultivars for greenhouse production in Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 115, 236-241
- SIAP. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2022). Cierre de la producción agrícola. Obtenido de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta (20 de septiembre de 2023)
- Vallejo, F. y Estrada, E. (2016). *Mejoramiento Genético de Plantas: Segunda Edición*. Universidad Nacional de Colombia.
- Zúñiga, L.; Martínez, J.; Baca, G.; Martínez, A.; Tirado, J. & Kohashi, J. (2004). Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. *Agrociencia*. 38: 201-218.